

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-195585

(43)Date of publication of application : 21.07.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 09-368441

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 26.12.1997

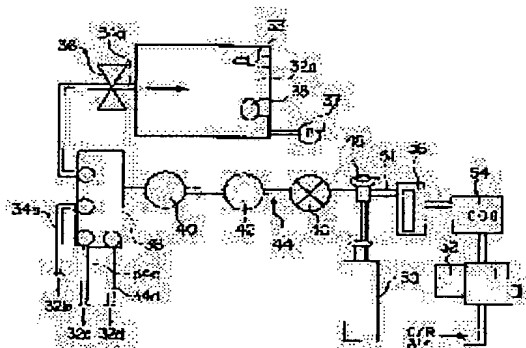
(72)Inventor : NISHINAGA HISASHI
OZAWA KEN

(54) ALIGNER AND METHOD OF EXPOSURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a safe and low driving cost aligner with which an exposure operation can be performed using far ultraviolet rays, the adhesion of clouding substance can be prevented using no suffocative gas, when driving the device without having substantial design change.

SOLUTION: This aligner is provided with airtight blocks 32a to 32e which substantially form hermetically sealed space and covers at least a part of a plurality of elements constituting an exposure system 30, an inert gas feeding system 50 which feeds inert gas into the airtight blocks, a dry air feeding system 51 which feeds dry air different from the inert gas, a gas sensor 33 which measures the gas replacement rate in the airtight blocks of the inert gas fed by the inert gas feeding system 50, and a flow rate control valve 38 which controls the flow rate of the dry air to be fed into the airtight blocks by the dry air feeding system, based on the data on gas replacement rate measured by the gas sensor 33.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-195585

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月21日

(51) Int.Cl.⁸
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/20

識別記号
5 2 1

F I
H 0 1 L 21/30 5 1 6 F
G 0 3 F 7/20 5 2 1
H 0 1 L 21/30 5 1 5 B

審査請求 未請求 請求項の数18 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-368441

(22) 出願日 平成9年(1997)12月26日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 西永 壽

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 小澤 謙

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

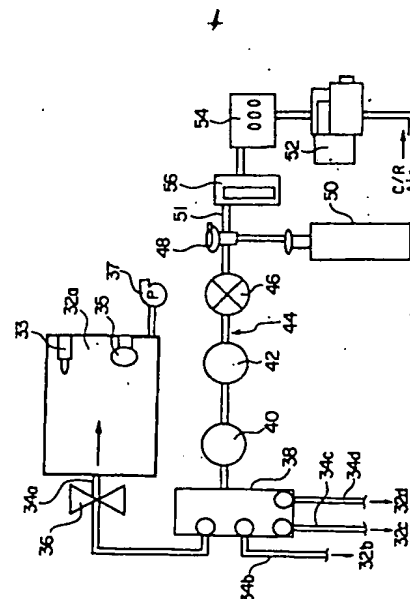
(74) 代理人 弁理士 前田 均 (外1名)

(54) 【発明の名称】 露光装置および露光方法

(57) 【要約】

【課題】 特に遠紫外光の光を用いて露光を行う露光装置において、大幅な設計変更を加えることなく、光学素子に対する曇り物質の付着を防止でき、しかも運転時には窒息性ガスを用いず、運転コストが安価で安全な露光装置を提供すること。

【解決手段】 露光装置30を構成する複数の要素の少なくとも一部を覆うように実質的な密封空間を形成する少なくとも1つの密閉ブロック32a~32eと、密閉ブロック内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給系50と、密閉ブロック内に、不活性ガスと異なるドライエアを供給するドライエア供給系51と、不活性ガス供給系50により密閉ブロック32a~32e内に供給される不活性ガスによる当該密閉ブロック内のガス置換率を検出するガスセンサ33と、ガスセンサ33により検出されたガス置換率のデータに基づき、ドライエア供給系により密閉ブロック内に供給されるドライエアの流量を制御する流量制御弁38とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光装置を構成する複数の要素の少なくとも一部を覆うように実質的な密封空間を形成する少なくとも1つの密閉ブロックと、

前記密閉ブロック内に第1のガスを供給する第1ガス供給手段と、

前記密閉ブロック内に、前記第1のガスと異なる第2のガスを供給する第2ガス供給手段と、

前記第1ガス供給手段により前記密閉ブロック内に供給される第1のガスによる当該密閉ブロック内のガス置換率を検出するガスセンサと、

前記ガスセンサにより検出されたガス置換率のデータに基づき、前記第2ガス供給手段により前記密閉ブロック内に供給される第2のガスの流量を制御する流量制御手段とを有する露光装置。

【請求項2】 露光用照明光を射出する光源と、前記照明光をマスクに照射する照明光学系とを備え、前記照明光学系の少なくとも一部が前記密閉ブロック内に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記マスクから射出する照明光を感光性基板上に投射する投影光学系を備え、前記光源と前記感光性基板との間に配置される複数の光学素子はそれぞれ複数の密閉ブロックのいずれかに配置されていることを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項4】 前記第1のガスが、酸素を含まないガスであり、前記ガスセンサが酸素の濃度を検出可能なセンサである請求項1～3のいずれかに記載の露光装置。

【請求項5】 前記第1のガスが不活性ガスである請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】 前記第2のガスが、酸素を含む化学的にクリーンなガスである請求項4または5に記載の露光装置。

【請求項7】 前記第2のガスが、ドライエアである請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】 前記第1ガス供給手段から前記密閉ブロックへ至る流路の開放と、前記第2ガス供給手段から前記密閉ブロックへ至る流路の開放とを切り換えるガス切換手段を有する請求項1～7のいずれかに記載の露光装置。

【請求項9】 前記ガス切換手段と複数の密閉ブロックとの間には、当該ガス切換手段で選択された第1のガスまたは第2のガスを、複数の密閉ブロック内に分岐させて供給するガス分配手段を有する請求項8に記載の露光装置。

【請求項10】 前記ガス分配手段が前記流量制御手段の一部を兼ねており、当該ガス分配手段により、各密閉ブロック内に供給される流量の制御を行うように構成してある請求項1～9のいずれかに記載の露光装置。

【請求項11】 前記密閉ブロック内に前記第1ガス供給手段または第2ガス供給手段からガスを供給する前

に、前記密閉ブロック内の圧力を大気圧力よりも低くするための減圧手段を有する請求項1～10のいずれかに記載の露光装置。

【請求項12】 200nm程度以上の波長を持つ光を露光用照明光として射出する光源を有する請求項1～11のいずれかに記載の露光装置。

【請求項13】 前記照明光はKrFエキシマレーザであることを特徴とする請求項12に記載の露光装置。

【請求項14】 露光装置を構成する複数の要素の少なくとも一部を覆うように実質的な密封空間を形成する少なくとも1つの密閉ブロック内に、露光装置の使用前に、第1のガスを供給し、

前記密閉ブロック内に供給される第1のガスが、密閉ブロック内に元々存在していたガスを置換する割合であるガス置換率を検出し、

露光装置の使用時には、前記密閉ブロック内の第1のガスによるガス置換率が所定の目標ガス置換率以上となる時の第1のガスの供給流量に基づき、前記密閉ブロック内に供給する第2のガスの流量制御を行う露光方法。

【請求項15】 光源から射出される露光用照明光を感光性基板上に導く複数の光学素子はそれぞれ複数の密閉ブロックのいずれかに配置されており、

前記密閉ブロック毎に、前記第1のガスによるガス置換率が所定の目標ガス置換率以上となるときの前記第1のガスの供給流量に基づき、前記密閉ブロック内に供給する前記第2ガスの流量制御を行うことを特徴とする請求項14に記載の露光方法。

【請求項16】 前記第1のガスを前記密閉ブロック内に所定の流量で供給し続けた場合に、平衡状態となるガス置換率の値が、前記目標ガス置換率の値よりも高くなるように、第1のガスの供給流量を設定する請求項14または15に記載の露光方法。

【請求項17】 前記密閉ブロック内における第1のガスのガス置換率をモニタし、ガス置換率が初期状態から目標ガス置換率となるまでの時間を計測する請求項14～16のいずれかに記載の露光方法。

【請求項18】 前記密閉ブロック内における第1のガスのガス置換率を、密閉ブロック内の酸素濃度をモニタすることで検出し、この酸素濃度が、目標酸素濃度以下となる酸素濃度を前記目標ガス置換率とする請求項14～17のいずれかに記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、たとえば半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、その他のマイクロデバイスを製造するためなどに用いられる露光装置および露光方法に係り、さらに詳しくは、特に遠紫外光を用いて露光を行う露光装置および露光方法において、大幅な設計変更を加えることなく、光学素子に対する曇り物質の付着を防止でき、しかも運転時には窒息

性ガスを用いず、運転コストが安価な露光装置および露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子などを製造するためのフォトリソグラフィ工程において、フォトマスク（レチクル含む）のパターン像を投影光学系を介して感光性基板上に露光する露光装置が使用されている。近年、半導体集積回路は、微細化の方向で開発が進み、フォトリソグラフィ工程においては、フォトリソグラフィ光源の短波長化が進んでいる。

【0003】しかしながら、たとえばKrFエキシマレーザ（波長248nm）のような遠紫外（DUV）光を露光用照明光として用いる場合には、露光用照明光が大気中の微量な不純物を光化学反応によって活性化し、それらの微量な不純物が光学系に付着し、レンズなどの光学素子を曇らせ、光学系の性能（透過率など）を著しく損なうことが知られている。

【0004】このようにDUV光による反応によって活性化する物質としては、アンモニアや硫酸化物さらにはシロキサンなどが挙げられ、これらの物質はクリーンルーム雰囲気から露光装置内に侵入してくることが一般的である。また、通常の大気下の雰囲気中においては、これらの物質を除去することは困難であり、また、クリーンルーム全体をフィルタリングしてこれらの物質を除去することはコストがかかる。したがって、このようなDUV光を光源とする露光装置では、光源からの照明光を効率的に使用し、曇り物質の付着を防止するためにも、照明光の光路中をDUV光に不活性なガスで置換する必要がある。

【0005】このため、従来のDUV光を光源とする露光装置では、特に照明光学系を構成する光路を密閉型とし、内部のガス置換を行っている。ガス置換は、密閉型内部の空気を真空ポンプなどで排気した後、任意のガスを密閉型光路の内部に送り込むことにより行っていたり、一般の大気圧雰囲気から置換ガスを密閉型光路内部に送り込むことにより徐々に置換ガスで内部を置換している。

【0006】密閉型光路内部に封入されるガスは、DUV光に対して安定なものでなければならない。そのために、一般には、密閉型光路内部に封入されるガスとして、窒素ガスやヘリウムガスなどの不活性ガスが使用されている。なお、密閉型光路とは言っても、完全に不活性ガスを閉じこめておくことはできず、多少のリークが存在する。そこで、従来では、不活性ガスの密閉型光路の密閉空間からのリークを酸素センサにより、不活性ガスの置換率と言う形でリアルタイムにモニタリングし、モニタリングしたガス置換率に応じて随時不活性ガスを供給するように制御している。このように光路を密閉型とすると共に、光路中に不活性ガスを封入することで、特に照明光学系の光路内の光学素子を不純物の付着から

有効に保護することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、照明光学系の光路内全体を不活性ガスで置換しようと考えた場合、大容積の照明光学系の完全な密封は困難である。したがって、密閉部分からリークが発生することとなり、照明光学系の光路内の全域を雰囲気を不活性ガスで保つためには多量の不活性ガスの供給が必要となり、運転コストが嵩むという課題を有する。

10 【0008】また、光路内に密封しようとしている不活性ガスは、いずれも窒息性ガスであり、あっては成らないことではあるが、密閉された光路からリークする不活性ガスが多い場合や、空気の循環がスムーズでない場合などには、装置周囲の酸素濃度が低くなるおそれがある。

20 【0009】そこで、ドライエアなどの窒息性でないケミカルクリーンなガスを置換ガスとして用い、密封型光路内を密封することも考えられるが、このガスには酸素が含まれていることから、一般計測器を用いる限り、光路内に密封した置換ガスの置換率を計測することは困難である。置換ガスの置換率を計測することができなければ、所定のガス置換率で光路内を置換ガスで良好に密封することはできない。

【0010】本発明は、このような実状に鑑みてなされ、特に遠紫外光を用いて露光を行う露光装置において、大幅な設計変更を加えることなく、光学素子に対する曇り物質の付着を防止でき、しかも運転時には窒息性ガスを用いず、運転コストが安価で安全な露光装置を提供することを目的とする。

30 【0011】

【課題を解決するための手段】以下、この項に示す説明では、本発明を、実施形態を表す図面に示す部材符号に対応つけて説明するが、本発明の各構成要件は、これら部材符号を付した図面に示す部材に限定されるものではない。

【0012】請求項1

上記目的を達成するために、本発明に係る露光装置（請求項1に対応）は、露光装置を構成する複数の要素の少なくとも一部を覆うように実質的な密封空間を形成する少なくとも1つの密閉ブロック（32a～32e）と、前記密閉ブロック内に第1のガスを供給する第1ガス供給手段（50）と、前記密閉ブロック内に、前記第1のガスと異なる第2のガスを供給する第2ガス供給手段（51）と、前記第1ガス供給手段（50）により前記密閉ブロック内に供給される第1のガスによる当該密閉ブロック内のガス置換率を検出するガスセンサ（33）と、前記ガスセンサ（33）により検出されたガス置換率のデータに基づき、前記第2ガス供給手段51により前記密閉ブロック（32a～32e）内に供給される第2のガスの流量を制御する流量制御手段（38）とを有

することを特徴とする。

【0013】本発明において、第2のガスは、露光用照明光に対して安定なガスであることが好ましく、第1のガスは、必ずしも露光用照明光に対して安定なガスである必要はないが、安定なガスであることが好ましい。

【0014】本発明に係る露光装置では、露光装置の実稼働前の調整段階で、密閉ブロック(32a~32e)内に第1のガスを、リーク検出用として供給し、当該密閉ブロック(32a~32e)における第1のガスの単位時間当たりのリークを検出し、所望のガス置換率を得るために必要な、単位時間当たりのガスの供給量を算出する。密閉ブロック(32a~32e)が複数ある場合には、各密閉ブロック(32a~32e)毎に、単位時間当たりのリークが異なると考えられるため、各密閉ブロック(32a~32e)毎に、第1のガスの単位時間当たりのリークを検出し、所望のガス置換率を得るために必要な、単位時間当たりのガスの供給量を算出する。

【0015】露光装置の実稼働時には、前記第1のガスとは異なる第2のガスを密閉ブロック(32a~32e)内部に供給する。その際には、前記第1のガスを供給した場合に求めた所望のガス置換率を実現するために必要な、単位時間当たりのガスの供給量と同じ供給量で、第2のガスを密閉ブロック(32a~32e)の内部に供給する。

【0016】実稼働時前の調整段階で、密閉ブロック(32a~32e)の密閉状態に変更がなければ、密閉ブロック(32a~32e)からのガスのリーク量は、調整段階と実稼働時とは、実質的に同じになると考えられる。なぜなら、第1のガスと第2のガスとが異なる場合には、ガスの粘性(リーク特性)が多少異なるが、密閉ブロック(32a~32e)から外部へのリーク量は、ガスの粘性の差による影響よりも密閉ブロック(32a~32e)の密閉度と、ブロック内外の圧力差とに大きく依存するためである。

【0017】したがって、第1のガスと第2のガスをと実質的に同じ圧力で供給する場合には、密閉ブロック(32a~32e)からのガスのリーク量が、調整段階と実稼働時とで実質的に同じになり、実稼働時には、第2のガスによる置換率をモニタリングする必要がなくなる。すなわち、第1のガスを密閉ブロック(32a~32e)内部に封入して目標となるガス置換率が得られる場合の条件を記憶しておき、それと同じ条件で、第2のガスを封入すれば、間接的に第2のガスの置換率のモニタリングが可能になる。このため、第2のガスとしては、後述するように、酸素を含むケミカルクリーンなガス(好ましくはドライエア)を用いることが可能になる。このようなガスは、クリーンルーム内のエアをケミカルフィルタおよび除湿器を介して供給すれば良く、運転コストの点でも安全性の点でも有利である。また、ドライエアであれば、ガスの循環も容易であり、製造ライ

ンの負担も軽くなる。

【0018】前記第1のガスを供給した場合に求めた所望のガス置換率を実現するために必要な、単位時間当たりのガスの供給量と同じ供給量で、第2のガスを密閉ブロック(32a~32e)の内部に供給すると、密閉ブロック(32a~32e)の内部は、第2のガスにより所望のガス置換率で置換された状態となり、KrFエキシマレーザなどのDUV光を露光用照明光として用いても、光学素子の曇り物質を発生させることがない。

10 【0019】請求項2

本発明に係る露光装置において、露光用照明光を射出する光源(1)と、前記照明光をマスクに照射する照明光学系(M1, M2, 2, 5, 8, 10)とを備え、前記照明光学系の少なくとも一部が前記密閉ブロック(32a~32e)内に配置されていることが好ましい(請求項2に対応)。なお、本発明において、マスクとは、レチクル(11)を含む概念で用いる。

【0020】照明光学系(M1, M2, 2, 5, 8, 10)においては、特にレンズなどの光学素子が数多く配置され、これらの光学素子に、光の透過率を低下させるような曇り物質が付着すると、露光装置の性能を低下させるおそれがあるが、本発明では、これを有効に防止することができる。

【0021】請求項3

本発明に係る露光装置において、前記マスクから出射する照明光を感光性基板上に投射する投影光学系(13)を備え、前記光源(1)と前記感光性基板(14)との間に配置される複数の光学素子はそれぞれ複数の密閉ブロック(32a~32e)のいずれかに配置されていることが好ましい(請求項3に対応)。なお、本発明において、密閉ブロック(32a~32e)の内部に配置される複数の光学素子とは、光源(1)と感光性基板(14)との間に配置される全ての光学素子を意味するものではなく、照明光学系(M1, M2, 2, 5, 8, 10)および/または投影光学系(13)の内部に配置してある光学素子の内の複数の光学素子を意味する。すなわち、本発明においての複数の光学素子とは、照明光学系(M1, M2, 2, 5, 8, 10)または投影光学系(13)を各々構成する複数の光学素子であっても良く、あるいは照明光学系(M1, M2, 2, 5, 8, 10)の少なくとも一つと投影光学系(13)の少なくとも一つの光学素子との合計であっても良い。

【0022】照明光学系(M1, M2, 2, 5, 8, 10)および/または投影光学系(13)においては、特にレンズなどの光学素子が数多く配置され、これらの光学素子に、光の透過率を低下させるような曇り物質が付着すると、露光装置の性能を低下させるおそれがあるが、本発明では、これを有効に防止することができる。

【0023】請求項4

50 本発明に係る露光装置において、前記第1のガスが、酸

素を含まないガスであり、前記ガスセンサ(33)が酸素の濃度を検出可能なセンサであることが好ましい(請求項4に対応)。

【0024】前記第1のガスが、酸素を含まないガスである場合には、たとえばガルバニ電池式の酸素濃度センサなどのように、露光装置において一般的なガスセンサ(33)をそのまま用いて、密閉ブロック(32a~32e)内の酸素の濃度を検出することにより、第1のガスによる密閉ブロック(32a~32e)内のガス置換率を算出することができる。そのため、特殊なガスセンサを準備することなく、密閉ブロック内のガス置換率を算出することができる。また、従来の露光装置における不活性ガスの置換率のモニタリングなどとして使用していた酸素センサなどのガスセンサを、そのままガス置換率算出用のセンサとして用いることができるので、従来の露光装置を大幅に設計変更する必要がない。

【0025】請求項5

本発明に係る露光装置において、前記第1のガスが不活性ガスであることが好ましい(請求項5に対応)。

【0026】不活性ガスとしては、特に限定されず、窒素ガス、ヘリウムガスなどが例示されるが、窒素ガスが好ましい。入手が容易であり安価であるためである。また、不活性ガスは、酸素を含まないガスであるため、特殊なガスセンサを準備することなく、第1のガスによる密閉ブロック(32a~32e)内のガス置換率を容易に算出することができる。

【0027】請求項6および7

本発明に係る露光装置において、前記第2のガスが、酸素を含む化学的にクリーンなガスであることが好ましい(請求項6に対応)。特に好ましくは、本発明に係る露光装置において、前記第2のガスは、ドライエアである(請求項7に対応)。

【0028】前記第2のガスが、酸素を含む化学的にクリーンなガス、たとえばドライエアである場合には、KrFエキシマレーザ光などのDUV光を露光用照明光として用いても、光学素子の曇り物質を発生させることなく、しかも仮に密閉ブロック(32a~32e)外に多量に漏れたとしても、窒素性ガスではないので安全である。また、化学的にクリーンなドライエアは、クリーンルーム内のエアをケミカルフィルタ(56)および除湿器(54)を介して供給すれば良く、運転コストの点でも安全性の点でも有利である。なお、本件明細書において、「ドライエア」とは、相対湿度で好ましくは3%程度以下、さらに好ましくは0%に近い湿度を持つ空気を意味するものとする。

【0029】請求項8

本発明に係る露光装置において、前記第1ガス供給手段(50)から前記密閉ブロック(32a~32e)へ至る流路の開放と、前記第2ガス供給手段(51)から前記密閉ブロック(32a~32e)へ至る流路の開放と

を切り換えるガス切換手段(48)を有することが好ましい(請求項8に対応)。

【0030】ガス切換手段(48)を有することで、流路の共用化を図ることができ、流路が複雑になることを防止することができる。

【0031】請求項9

本発明に係る露光装置において、前記ガス切換手段(48)と複数の密閉ブロック(32a~32e)との間には、当該ガス切換手段(48)で選択された第1のガスまたは第2のガスを、複数の密閉ブロック(32a~32e)内に分岐させて供給するガス分配手段(38)を有することが好ましい(請求項9に対応)。

【0032】ガス分配手段(38)を有することで、流路の共用化を図ることができ、流路が複雑になることを防止することができる。

【0033】請求項10

本発明に係る露光装置において、前記ガス分配手段(38)が前記流量制御手段の一部を兼ねており、当該ガス分配手段(38)により、各密閉ブロック(32a~32e)内に供給される流量の制御を行うように構成してあることが好ましい(請求項10に対応)。

【0034】ガス分配手段に流量制御の機能を持たせることで、流量の制御を行うための部材を別に準備する必要がなくなり、部品の共用化を図ることができる。

【0035】請求項11

本発明に係る露光装置において、前記密閉ブロック(32a~32e)内に前記第1ガス供給手段(50)または第2ガス供給手段(51)からガスを供給する前に、前記密閉ブロック(32a~32e)内の圧力を大気圧力よりも低くするための減圧手段(37)を有することが好ましい(請求項11に対応)。減圧手段としては、特に限定されないが、たとえば真空ポンプなどを例示することができる。

【0036】減圧手段により、密閉ブロック(32a~32e)の内部を減圧状態とした後に、前記第1ガス供給手段(50)または第2ガス供給手段(51)から各ガスを供給することで、ガス供給後に所望のガス置換率となるまでの時間を短縮することができる。すなわち、密閉ブロック(32a~32e)の内部が大気圧状態からガスを封入して所望のガス置換率となるまでの時間よりも、密閉ブロック(32a~32e)内部を一旦減圧状態としてからガスを封入した方が、所望のガス置換率が得られるまでの時間を短くすることができる。なお、密閉ブロック(32a~32e)内への第1のガスの供給と第2のガスの供給とは、同じ条件で行うことが好ましい。同じ条件で行うことで、第2のガスの供給量の制御を、第1のガスの供給の際のガス置換率のモニタリングに基づき容易に行うことができるからである。

【0037】請求項12および請求項13

本発明に係る露光装置において、200nm程度以上の

波長を持つ光を露光用照明光として出射する光源(1)を有することが好ましい(請求項12に対応)。

【0038】本発明に係る露光装置において、前記照明光はKrFエキシマレーザであることが好ましい(請求項13に対応)。

【0039】本発明に係る露光装置(請求項12および13以外)においては、露光装置としては、特に限定されず、g線(436nm)、i線(365nm)、KrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)、F₂レーザ(157nm)、またはYAGレーザなどの高調波を露光用照明光源として用いる露光装置に限らず、X線露光装置なども含む。しかしながら、200nmないしArFエキシマレーザの波長(193nm)よりも短い波長を持つ光を露光用照明光として用いた場合には、酸素を分解してオゾンを生じさせるおそれがあるため、本発明に係る露光装置としては、200nm程度以上の波長を持つ光を露光用照明光として出射する光源、特にKrFエキシマレーザである場合に効果大きい。

【0040】請求項14

上記目的を達成するために、本発明に係る露光方法(請求項14に対応)は、露光装置を構成する複数の要素の少なくとも一部を覆うように実質的な密封空間を形成する少なくとも1つの密閉ブロック(32a~32e)内に、露光装置の使用前に、第1のガスを供給し、前記密閉ブロック(32a~32e)内に供給される第1のガスが、密閉ブロック(32a~32e)内に元々存在していたガスを置換する割合であるガス置換率を検出し、露光装置の使用時には、前記密閉ブロック(32a~32e)内の第1のガスによるガス置換率が所定の目標ガス置換率以上となる時の第1のガスの供給流量に基づき、前記密閉ブロック(32a~32e)内に供給する第2のガスの流量制御を行うことを特徴とする。

【0041】本発明において、第2のガスは、露光用照明光に対して安定なガスであることが好ましく、第1のガスは、必ずしも露光用照明光に対して安定なガスである必要はないが、安定なガスであることが好ましい。

【0042】本発明に係る露光方法では、露光装置の実稼働前の調整段階で、密閉ブロック(32a~32e)内に第1のガスを、リーク検出用として供給し、当該密閉ブロック(32a~32e)における第1のガスの単位時間当たりのリークを検出し、所望のガス置換率を得るために必要な、単位時間当たりのガスの供給量を算出する。密閉ブロック(32a~32e)が複数ある場合には、各密閉ブロック(32a~32e)毎に、単位時間当たりのリークが異なると考えられるため、各密閉ブロック(32a~32e)毎に、第1のガスの単位時間当たりのリークを検出し、所望のガス置換率を得るために必要な、単位時間当たりのガスの供給量を算出する。

【0043】露光装置の実稼働時には、前記第1のガス

とは異なる第2のガスを密閉ブロック(32a~32e)内部に供給する。その際には、前記第1のガスを供給した場合に求めた所望のガス置換率を実現するために必要な、単位時間当たりのガスの供給量と同じ供給量で、第2のガスを密閉ブロック(32a~32e)の内部に供給する。

【0044】実稼働時前の調整段階で、密閉ブロック(32a~32e)の密閉状態に変更がなければ、密閉ブロック(32a~32e)からのガスのリーク量は、調整段階と実稼働時とでは、実質的に同じになると考えられる。なぜなら、第1のガスと第2のガスとが異なる場合には、ガスの粘性が多少異なるが、密閉ブロック(32a~32e)から外部へのリーク量は、ガスの粘性の差による影響よりも密閉ブロック(32a~32e)の密閉度と、ブロック内外の圧力差とに大きく依存するためである。

【0045】したがって、第1のガスと第2のガスとを実質的に同じ圧力で供給する場合には、密閉ブロック(32a~32e)からのガスのリーク量が、調整段階と実稼働時とで実質的に同じになり、実稼働時には、第2のガスによる置換率をモニタリングする必要がなくなる。すなわち、第1のガスを密閉ブロック(32a~32e)内部に封入して目標となるガス置換率が得られる場合の条件を記憶しておき、それと同じ条件で、第2のガスを封入すれば、間接的に第2のガスの置換率のモニタリングが可能になる。このため、第2のガスとしては、前述したように、酸素を含むケミカルクリーンなガス(好ましくはドライエア)を用いることが可能になる。このようなガスは、クリーンルーム内のエアをケミカルフィルタおよび除湿器を介して供給すれば良く、運転コストの点でも安全性の点でも有利である。また、ドライエアであれば、ガスの循環も容易であり、製造ラインの負担も軽くなる。

【0046】前記第1のガスを供給した場合に求めた所望のガス置換率を実現するために必要な、単位時間当たりのガスの供給量と同じ供給量で、第2のガスを密閉ブロック(32a~32e)の内部に供給すると、密閉ブロック(32a~32e)の内部は、第2のガスにより所望のガス置換率で置換された状態となり、KrFエキシマレーザなどのDUV光を露光用照明光として用いても、光学素子の曇り物質を生じさせることがない。

【0047】請求項15

本発明に係る露光方法において、光源から射出される露光用照明光を感光性基板に導く複数の光学素子はそれぞれ複数の密閉ブロック(32a~32e)のいずれかに配置されており、前記密閉ブロック(32a~32e)毎に、前記第1のガスによるガス置換率が所定の目標ガス置換率以上となるときの前記第1のガスの供給流量に基づき、前記密閉ブロック(32a~32e)内に供給する前記第2ガスの流量制御を行うことが好ましい(請

求項15に対応)。

【0048】密閉ブロック(32a~32e)を複数にすることで、各密閉ブロック(32a~32e)の容量を小さくすることができると共に、各密閉ブロック(32a~32e)の密閉度を高くすることが容易になり、各密閉ブロック(32a~32e)に封入するガスの供給量を少なくすることができる。また、第2ガスの流量制御も容易になる。なお、照明光学系と投影光学系との間、及び投影光学系と感光性基板との間をそれぞれほぼ密閉して第2ガスを流入させるようにしてもよい。

【0049】請求項16

本発明に係る露光方法において、前記第1のガスを前記密閉ブロック(32a~32e)内に所定の流量で供給し続けた場合に、平衡状態となるガス置換率の値が、前記目標ガス置換率の値よりも高くなるように、第1のガスの供給流量を設定することが好ましい(請求項16に対応)。

【0050】平衡状態となるガス置換率の値が、前記目標ガス置換率の値よりも低い場合には、前記第1のガスを前記密閉ブロック(32a~32e)内に所定の流量で供給し続けた場合に、平衡状態となっても、目標ガス置換率に到達しない。この状態は、密閉ブロック(32a~32e)からの単位時間当たりのリーク量に対して、第1のガスの単位時間当たりの供給量(供給流量)が少なすぎる場合と考えられ、第1のガスの供給流量を増やす必要がある。第1のガスの供給流量を多くして、第1のガスを前記密閉ブロック(32a~32e)内に所定の流量で供給し続けた場合に、平衡状態となるガス置換率の値が、目標ガス置換率の値よりも高くなる場合には、その時の供給流量とガス置換率との関係をモニタリングしておく。そして、そのモニタリングされた情報に基づき、露光装置の実稼働時には、第2のガスの供給流量を制御する。

【0051】請求項17

本発明に係る露光方法において、前記密閉ブロック(32a~32e)内における第1のガスのガス置換率をモニタし、ガス置換率が初期状態から目標ガス置換率(Eo)となるまでの時間(TO)を計測することが好ましい(請求項17に対応)。

【0052】特定の密閉ブロック(32a~32e)内の第1のガスによるガス置換率が初期状態から目標ガス置換率(Eo)となるまでの時間は、当該密閉ブロック(32a~32e)内に第2のガスを供給した場合に、第2のガスによるガス置換率が初期状態から目標ガス置換率となるまでの時間と実質的に同じであると考えられる。したがって、この時間を経過した後に、第2のガスの存在下に、露光装置による露光を行うことで、KrFエキシマレーザなどのDUV光を露光用照明光として用いても、光学素子の曇り物質を発生させることがない。

【0053】請求項18

本発明に係る露光方法において、前記密閉ブロック(32a~32e)内における第1のガスのガス置換率を、密閉ブロック(32a~32e)内の酸素濃度をモニタすることで検出し、この酸素濃度が、目標酸素濃度以下となる酸素濃度を前記目標ガス置換率とすることが好ましい(請求項18に対応)。

【0054】酸素濃度は、たとえばガルバニ電池式の酸素濃度センサなどのように、露光装置において一般的なガスセンサにより検出することができる。そして、密閉ブロック(32a~32e)内の酸素の濃度を検出することにより、第1のガスによる密閉ブロック(32a~32e)内の置換率を算出することができる。そのため、特殊なガスセンサを準備することなく、密閉ブロック(32a~32e)内の置換率を算出することができる。また、従来の露光装置における不活性ガスの置換率のモニタリングなどとして使用していた酸素センサなどのガスセンサを、そのまま置換率算出用のセンサとして用いることができるので、従来の露光装置を大幅に設計変更する必要がない。

20 【0055】請求項1~18

本発明において、露光装置としては、露光方式の分類による露光装置のタイプも特に限定されず、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の露光装置でも、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置でも良い。いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置は、レチクルなどのマスク上のパターンの一部を投影光学系を介して感光性基板上に縮小投影露光した状態で、マスクと感光性基板とを、投影光学系に対して同期移動させることにより、マスク上のパターンの縮小像を逐次感光性基板の各ショット領域に転写する方式の露光装置である。この方式の露光装置は、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の露光装置に比較して、投影光学系に対する負担を増大させることなく、転写対象パターンを大面積化することができるという利点がある。

【0056】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、図面に示す実施形態に基づき説明する。

【0057】図1は本発明の1実施形態に係る露光装置の概略構成図、図2は図1に示す密閉ブロックへ第1のガスおよび第2のガスを供給するための配管系の概略構成図、図3は密閉ブロック内に第1のガスを供給する場合のガス置換率の時間経過を示すグラフ、図4は図1に示す露光装置本体のより詳細な概略図である。

【0058】第1実施形態

図1に示すように、本発明の1実施形態に係る露光装置30は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であり、マスクとしてのレチクル11上のパターンの一部を投影光学系13を介して感光性基板としてのレジストが塗布されたウエハ14上に縮小投影露光した状態で、レチクル11とウエハ14とを、投影光学系1

3に対して同期移動させることにより、レチクル11上のパターンの縮小像を逐次ウエハ14の各ショット領域に転写するようになっている。

【0059】本実施形態では、図1に示すように、このようなステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置において、露光装置本体の照明光学系を複数の要素に分割し、各要素毎に、密閉ブロック32a～32dで覆い、内部を実質的な密閉空間としている。各密閉ブロック32a～32dは、たとえばステンレス、鋼鉄、アルミニウム、銅、真鍮などの電磁シールド材またはその他の部材で構成してあり、露光用照明光が通過する部分には、その通過が可能ないように、且つ内部が密閉されるように透明ガラス（平行平板）などの透明部材が装着してある。なお、密閉空間毎にその両端に透明部材を装着する代わりに、1つの密閉空間の少なくとも一端に、その内部に配置される光学素子を装着して、その1つの密閉空間を構成するようによい。

【0060】まず、本実施形態に係る露光装置30における露光装置本体について、図4に基づき説明する。

【0061】図4に示すように、本実施形態の露光装置30の装置本体は、露光用光源1としてKrFエキシマレーザ（発振波長248nm）を有する。なお、露光用光源1としては、金属蒸気レーザ光源やYAGレーザの高調波発生装置等のパルス光源を使用しても良い。特に、200nm程度以上の波長域に発振スペクトルを有する光を射出する光源が好適である。

【0062】露光用光源1からパルス発光されたレーザビームLBは、図1では図示省略してあるが図4には図示してある光路折り曲げ用のミラーM1およびM2を介して、ビーム整形・変調光学系2へ入射するようになっている。本実施形態では、ビーム整形・変調光学系2は、ビーム整形光学系2aと、エネルギー変調器2bとから成る。ビーム整形光学系2aは、シリンダレンズやビームエキスパンダ等で構成してあり、これらにより、後続のフライアイレンズ5に効率よく入射するようにビームの断面形状が整形される。

【0063】図4に示すエネルギー変調器2bは、エネルギー粗調器およびエネルギー微調器などで構成してあり、エネルギー粗調器は、回転自在なレボルバ上に透過率（＝（1－減光率）×100（％））の異なる複数のNDフィルタを配置したものであり、そのレボルバを回転することにより、入射するレーザビームLBに対する透過率を100％から複数段階で切り換えることができるようになっている。なお、そのレボルバと同様のレボルバを2段配置し、2組のNDフィルタの組み合わせによってより細かく透過率を調整できるようにしてもよい。一方、エネルギー微調器は、ダブル・グレーティング方式、または傾斜角可変の2枚の平行平板ガラスを組み合わせた方式等で、所定範囲内でレーザビームLBに対する透過率を連続的に微調整するものである。ただ

し、このエネルギー微調器を使用する代わりに、エキシマレーザ光源1の出力変調によってレーザビームLBのエネルギーを微調整してもよい。

【0064】図4において、ビーム整形・変調光学系2から射出されたレーザビームLBは、光路折り曲げ用のミラーMを介してフライアイレンズ5に入射する。なお、図1では、ミラーMを省略している。

【0065】フライアイレンズ5は、後続のレチクル11を均一な照度分布で照明するために多数の2次光源を形成する。図4に示すように、フライアイレンズ5の射出面には照明系の開口絞り（いわゆるσ絞り）6が配置してあり、その開口絞り6内の2次光源から射出されるレーザビーム（以下、「パルス照明光IL」と呼ぶ）は、反射率が小さく透過率の大きなビームスプリッタ7に入射し、ビームスプリッタ7を透過した露光用照明光としてのパルス照明光ILは、リレーレンズ8を介してコンデンサレンズ10へ入射するようになっている。

【0066】図1ではリレーレンズ8を簡単に図示してあるが、実際には、図4に示すように、リレーレンズ8は、第1リレーレンズ8Aと、第2リレーレンズ8Bと、これらレンズ8A、8B間に配置される固定照明視野絞り（固定レチクルブラインド）9Aおよび可動照明視野絞り9Bとを有する。固定照明視野絞り9Aは、矩形の開口部を有し、ビームスプリッタ7を透過したパルス照明光ILは、第1リレーレンズ8Aを経て固定照明視野絞り9Aの矩形の開口部を通過するようになっている。また、この固定照明視野絞り9Aは、レチクルのパターン面に対する共役面の近傍に配置してある。可動照明視野絞り9Bは、走査方向の位置および幅が可変の開口部を有し、固定照明視野絞り9Aの近くに配置してあり、走査露光の開始時および終了時にその可動照明視野絞り9Bを介して照明視野フィールドをさらに制限することによって、不要な部分（レチクルパターンが転写されるウエハ上のショット領域以外）の露光が防止されるようになっている。なお、図1では、これらの固定照明視野絞り9Aおよび可動照明視野絞り9Bの図示を省略してある。

【0067】図4に示すように、固定照明視野絞り9Aおよび可動照明視野絞り9Bを通過したパルス照明光ILは、第2リレーレンズ8Bおよびコンデンサレンズ10を経て、レチクルステージ15上に保持されたレチクル11上の矩形の照明領域12Rを均一な照度分布で照明する。レチクル11上の照明領域12R内のパターンを投影光学系13を介して投影倍率α（αは例えば1/4、1/5等）で縮小した像が、フォトリソが塗布されたウエハ（感光性基板）14上の照明視野フィールド12Wに投影露光される。以下、投影光学系13の光軸AXに平行にZ軸を取り、その光軸AXに垂直な平面内で照明領域12Rに対するレチクル11の走査方向（即ち、図4の紙面に平行な方向）をY方向、その走査

方向に垂直な非走査方向をX方向として説明する。

【0068】このとき、レチクルステージ15はレチクルステージ駆動部18によりY方向に走査される。外部のレーザ干渉計16により計測されるレチクルステージ15のY座標がステージコントローラ17に供給され、ステージコントローラ17は供給された座標に基づいてレチクルステージ駆動部18を介して、レチクルステージ15の位置および速度を制御する。

【0069】一方、ウエハ14は、不図示のウエハホルダを介してZチルトステージ19上に載置され、Zチルトステージ19はXYステージ20上に載置されている。XYステージ20は、X方向およびY方向にウエハ14の位置決めを行うと共に、Y方向にウエハ14を走査する。また、Zチルトステージ19は、ウエハ14のZ方向の位置（フォーカス位置）を調整すると共に、XY平面に対するウエハ14の傾斜角を調整する機能を有する。Zチルトステージ19上に固定された移動鏡、および外部のレーザ干渉計22により計測されるXYステージ20（ウエハ14）のX座標、およびY座標がステージコントローラ17に供給され、ステージコントローラ17は、供給された座標に基づいてウエハステージ駆動部23を介してXYステージ20の位置および速度を制御する。

【0070】また、ステージコントローラ17の動作は、不図示の装置全体を統轄制御する主制御系によって制御されている。そして、走査露光時には、レチクル11がレチクルステージ15を介して+Y方向（または-Y方向）に速度 V_R で走査されるのに同期して、XYステージ20を介してウエハ14は照明視野フィールド1.2Wに対して-Y方向（または+Y方向）に速度 $\alpha \cdot V_R$ （ α はレチクル11からウエハ14に対する投影倍率）で走査される。

【0071】また、Zチルトステージ19上のウエハ14の近傍に光電変換素子からなる照度むらセンサ21が常設され、照度むらセンサ21の受光面はウエハ14の表面と同じ高さに設定されている。照度むらセンサ21としては、遠紫外で感度があり、且つパルス照明光を検出するために高い応答周波数を有するPIN型のフォトダイオード等が使用できる。照度むらセンサ21の検出信号が不図示のピークホールド回路、およびアナログ/デジタル（A/D）変換器を介して露光コントローラ26に供給されている。

【0072】なお、図4に示すビームスプリッタ7で反射されたパルス照明光ILは、集光レンズ24を介して光電変換素子よりなるインテグレータセンサ25で受光され、インテグレータセンサ25の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路およびA/D変換器を介して出力DSとして露光コントローラ26に供給される。インテグレータセンサ25の出力DSと、ウエハ14の表面上でのパルス照明光ILの照度（露光量）との相関係

数は予め求められて露光コントローラ26内に記憶されている。露光コントローラ26は、制御情報TSを露光用光源1に供給することによって、露光用光源1の発光タイミング、および発光パワー等を制御する。露光コントローラ26は、さらにエネルギー変調器3での減光率を制御し、ステージコントローラ17はステージ系の動作情報に同期して可動照明視野絞り9Bの開閉動作を制御する。

【0073】本実施形態では、図1に示すように、以上に示したように構成された露光装置30の装置本体の照明光学系を、光路折り曲げ用のミラーM1およびM2、照明光学系の光軸と光源1から射出されるレーザビームとの位置関係を調整するビームマッチングユニット（不図示）などを含む系と、ビーム整形・変調光学系2を含む系と、フライアイレンズ5や開口絞6（図4）、さらには互いに形状と大きさとの少なくとも一方が異なる複数の開口絞り（輪帯絞り、小 σ 絞り、大 σ 絞り、変形照明用絞りなど）を保持するターレット板などを含む系と、リレーレンズ8およびコンデンサレンズ10や視野絞り9A、9B（図4）を含む系とに分割し、これらの系を別々の密閉ブロック32a~32dで覆い、各ブロックの内部を密閉構造としている。

【0074】図2に示すように、本実施形態では、各密閉ブロック32a~32dには、個別流路配管系34a~34dが接続しており、各個別流路配管系34a~34dを通して各密閉ブロック32a~32d内部へガスの供給が可能になっている。各個別流路配管系34a~34dには、電磁弁36が装着しており、各密閉ブロック32a~32d内部へのガスの供給および停止を制御可能になっている。また、各密閉ブロック32a~32dの内部には、内部の酸素濃度を検出可能な酸素センサ33と、内部の雰囲気圧力を検出可能なブロック内圧力センサ35とが装着してある。酸素センサ33および圧力センサ35の出力信号は、図示省略してある制御装置（露光装置の主制御装置であっても良い）へ入力する。また、電磁弁36は、その制御装置により制御される。

【0075】各個別流路配管系34a~34dは、ガス分配手段としての流量分岐ユニット38に接続してある。流量分岐ユニット38は、共通流路配管系44から流入してくるガスを各個別流路配管系34a~34dへと分配する装置である。本実施形態では、流量分岐ユニット38は、流量制御手段としての制御弁の一部を兼ねており、当該分岐ユニット38により、各密閉ブロック32a~32d内に供給される流量の制御を個別に行うことができるように構成してある。流量分岐ユニット38内の流量制御弁は、個別に設定が可能であり、手動または制御装置からの制御信号に基づき制御される。

【0076】共通流路配管系44には、流量分岐ユニット38側から、流量計40、圧力センサ42、減圧弁46およびガス切換ユニット（ガス切換手段）48が装着

してある。流量計40は、共通流路配管系44内を流れるガスの流量を計測し、圧力センサ42は、共通流路配管系44内を流れるガスの圧力を計測し、減圧弁46は、ガス切換ユニット48から送られてくるガスの圧力を所定圧力に減圧するようになっている。

【0077】ガス切換ユニット48には、第1ガス供給手段としての不活性ガス供給系50と、第2ガス供給手段としてのドライエア供給系51とが接続してある。不活性ガス供給系50は、たとえば不活性ガスタンクと供給配管系とから成り、不活性ガスとして、たとえば窒素ガスやヘリウムガスなどを所定圧力（工場供給可能圧力以下）でガス切換ユニット48方向へ供給可能になっている。

【0078】ドライエア供給系51は、たとえばコンプレッサ52、除湿器54、ケミカルフィルタ56、およびこれらを結ぶ供給配管系などで構成してある。コンプレッサ52によりクリーンルームからのエアを除湿器54およびケミカルフィルタ56を通すことにより、切換ユニット48へは、所定圧力のケミカルクリーンなドライエアを供給可能になっている。なお、ケミカルフィルタ56としては、特に限定されないが、そこを通すことにより、ガスがケミカルクリーンなガスとなるフィルタ、たとえば活性炭フィルタなどを用いることができ、HEPAフィルタ（High Efficiency particle Air Filter）を併用することもできる。また除湿器54としては、一般的な除湿器を用いることができるが、この除湿器54を通すことにより、湿度が0%近傍となる除湿器を用いることが好ましい。

【0079】切換ユニット48では、不活性ガス供給系50と共通流路配管系44との連通と、ドライエア供給系51と共通流路配管系44との連通とを切り換え可能になっており、その切換は、手動または制御装置からの制御信号により行われる。

【0080】次に、本実施形態に係る露光装置30の使用方法について説明する。本実施形態に係る露光装置30では、露光装置30の実稼働前の調整段階で、各密閉ブロック32a～32d内に、第1のガスとしての不活性ガスを、リーク検出用として供給するために、ガス切換ユニット48を制御し、不活性ガス供給系50と共通流路配管系44とを連通させる。その結果、不活性ガス供給系50内の不活性ガスは、共通流路配管系44へと流れ、減圧弁46で所定圧力に減圧され、流量分岐ユニット38へ至る。その際に、共通流路配管系44内を流れる不活性ガスの圧力と流量とが圧力センサ42および流量計40により各々計測される。

【0081】流量分岐ユニット38では、各密閉ブロック32a～32d毎に、それらの容量に応じた適切な流量をユニット38内の流量制御弁で設定し、各個別流路配管系34a～34dへと設定流量で不活性ガスを分配して供給する。そして、電磁弁36を開けることによ

り、各密閉ブロック32a～32dへと不活性ガスを所定の流量で供給する。

【0082】特定の密閉ブロック32a～32d内に不活性ガスを供給した場合における酸素センサ33により検出された酸素濃度の時間変化を図3に示す。図3に示すように、不活性ガスを供給し始めた時点では、密閉ブロック内部の酸素濃度は、大気中の酸素濃度と同じ21%であるが、時間の経過と共に減少する。これは、密閉ブロックの内部に不活性ガスを供給し続けることで、密閉ブロックの内部の既存の空気が、密閉ブロックからリークし、ブロック内部が徐々に不活性ガスで置換されるからである。密閉ブロックの内部の不活性ガスによるガス置換率E（%）は、酸素濃度をD（%）とした場合に、次の式により定義される。

【0083】

$$【数1】 E (\%) = (1 - D / 21) \times 100$$

上記数式中の21は、大気中の酸素濃度（%）である。したがって、図3において、酸素濃度Dが低下すると、ガス置換率Eは高くなり、酸素濃度Dとガス置換率Eとは、一対一に対応し、図2に示す酸素センサ33により酸素濃度を検出することで、不活性ガスのガス置換率を算出することができる。

【0084】図3に示す酸素濃度の時間変化のカーブは、各密閉ブロック32a～32d毎に異なる。各密閉ブロック32a～32d毎に、内部容量が異なると共に、密閉度が異なり、しかも不活性ガスの設定流量が異なるからである。

【0085】本実施形態では、全ての密閉ブロック32a～32dについて、それらの内部が、不活性ガスにより目標ガス置換率E_o（図3に示す目標濃度D_oに対応）に到達するまでの時間T₀（置換所要時間）と、平衡状態におけるガス置換率E_sとを求める。目標ガス置換率E_oと、平衡状態におけるガス置換率E_sとは、前記数式中の酸素濃度Dを、目標酸素濃度であるD_o、または平衡状態における酸素濃度D_sで置き換えることにより算出することができる。

【0086】本実施形態においては、目標ガス置換率E_oを、90～98%に設定し、平衡状態におけるガス置換率E_sが、目標ガス置換率E_oよりも高くなるように設定する。すなわち、図3のグラフにおいて、平衡状態における酸素濃度D_sが、目標酸素濃度D_oよりも下になるように設定する。

【0087】平衡状態となるガス置換率E_sの値が、目標ガス置換率E_oの値よりも低い場合には、不活性ガスを密閉ブロック内に所定の流量で供給し続けた場合に、平衡状態となっても、目標ガス置換率E_oに到達しない。この状態は、密閉ブロックからの単位時間当たりのリーク量に対して、不活性ガスの単位時間当たりの供給量（供給流量）が少なすぎる場合と考えられ、不活性ガスの供給流量を増やす必要がある。そのような場合に

は、図2に示す流量分岐ユニット38の制御弁を調節して、該当する密閉ブロックへの不活性ガスの供給流量が増大するように設定し直す。このようにして、全ての密閉ブロック32a～32dについて、平衡状態におけるガス置換率 E_s が、目標ガス置換率 E_o よりも高くなるように不活性ガスの供給流量を個別に設定し、各密閉ブロック32a～32dについて、置換所要時間 T_0 と、平衡状態におけるガス置換率 E_s とを求める。

【0088】そして、露光装置の実稼働時には、ガス切換ユニット48を制御し、不活性ガス供給系50からのガスの流れを遮り、ドライエア供給系51から共通流路配管系44へケミカルクリーンなドライエアを流す。ケミカルクリーンなドライエアは、前述したように、コンプレッサ52によりクリーンルームからのエアを除湿器54およびケミカルフィルタ56を通すことにより得られる。このドライエアは、共通流路配管系44の減圧弁46を通して、不活性ガスが流通していた場合と同程度の圧力に減圧され、流量分岐ユニット38へ至る。その際に、共通流路配管系44内を流れるドライエアの圧力と流量とが圧力センサ42および流量計40により各々計測され、不活性ガスが流通していた場合と同程度の圧力および流量に制御される。

【0089】流量分岐ユニット38では、各個別流路配管系34a～34dへの各流量制御弁が、不活性ガスを供給した場合に求めた所望の目標ガス置換率 E_o を実現するために必要な供給流量に設定してあるので、不活性ガスの供給量と同じ供給量で、ドライエアが、各密閉ブロック32a～32dへと供給される。

【0090】実稼働時前の調整段階で、各密閉ブロック32a～32dの密閉状態に変更がなければ、密閉ブロック32a～32dからのガスのリーク量は、調整段階と実稼働時とは、実質的に同じになると考えられる。なぜなら、不活性ガスとドライエアとは、ガスの粘性が多少異なるが、各密閉ブロック密閉ブロック32a～32dから外部へのリーク量は、ガスの粘性の差による影響よりも密閉ブロック32a～32dの密閉度と、ブロック内外の圧力差とに大きく依存するためである。

【0091】したがって、不活性ガスとドライエアとを実質的に同じ圧力および供給流量で供給する場合には、各密閉ブロック32a～32dからのガスのリーク量が、調整段階と実稼働時とで実質的に同じになり、実稼働時には、ドライエアによる置換率をモニタリングする必要がなくなる。ちなみに、ドライエア中の酸素濃度は、大気中の酸素濃度と略同じであり、図2に示す酸素センサ33によっては、ガス置換率をモニタリングすることは不可能であった。

【0092】本実施形態においては、不活性ガスを供給した場合に求めた所望のガス置換率を実現するために必要な、単位時間当たりのガスの供給量と同じ供給量で、ドライエアを各密閉ブロック32a～32dの内部に供

給すると、密閉ブロック32a～32dの内部は、不活性ガスの場合に求めた置換所要時間 T_0 後には、ドライエアにより目標置換率 E_o 以上で置換された状態となる。全ての密閉ブロック32a～32dについて、ドライエアにより目標置換率 E_o 以上で置換された状態となった場合、すなわち密閉ブロック32a～32dについての最大の置換所要時間 T_0 経過後には、露光装置から稼働準備完了信号を出力することが好ましい。その出力信号は、露光装置の操作者に知らせるための信号でも良いし、露光装置の稼働制限を解除する信号に用いても良い。

【0093】密閉ブロック32a～32dについての最大の置換所要時間 T_0 経過後に露光を行うことで、全ての密閉ブロック32a～32dの内部が、目標ガス置換率 E_o 以上のガス置換率でドライエアに置換してある。すなわち、KrFエキシマレーザなどのDUV光から成る照明光が、密閉ブロック32a～32d内を通過しても、そこにはDUV光に対して反応する物質が存在しない。したがって、これら密閉ブロック32a～32dの内部に配置してあるレンズやミラーなどの光学素子の曇り物質を発生させることがない。なお、置換所要時間 T_0 は、具体的には数十分程度のオーダーである。

【0094】前述したように、本実施形態に係る露光装置30では、露光装置の実稼働時には、酸素を含むケミカルクリーンなドライエアを用いることが可能になる。このようなドライエアは、クリーンルーム内のエアをケミカルフィルタ56および除湿器54を介して供給すれば良く、運転コストの点でも安全性の点でも有利である。すなわち、ドライエアとしては、クリーンルーム内のエアを用いて安価に製造することができ、ドライエアが各密閉ブロック32a～32dから多量に漏れたとしても、作業者にとって安全である。

【0095】また、本実施形態に係る露光装置30では、各密閉ブロック32a～32dの内部には、酸素センサ33以外に、ブロック内圧力センサ35が装着してあるために、密閉ブロック32a～32dの内部圧力が低下した場合を検知することができる。密閉ブロック32a～32dの内部圧力が低下する場合としては、何らかの事故により密閉ブロック32a～32dの気密性が低下し、多量のリークが発生する場合や、何らかの事故によりドライエア供給系51により供給されるガス圧力が低下する場合などが考えられる。これらの場合には、密閉ブロック32a～32d内でのガス置換率が大幅に低下することから、露光装置の稼働を停止する必要がある。そこで、本実施形態に係る露光装置30では、圧力センサ35を用いて、このような事態を検出し、アラーム信号を出力し、警告灯、ブザー、あるいはディスプレイ装置での表示により作業者に知らせたり、露光装置の稼働を停止させたりすることができる。なお、何らかの事故によりドライエア供給系51により供給されるガス

圧力が低下する事態は、共通流路配管系44に装着してある圧力センサ42によっても検出することができ、同様にアラーム信号を出力することができる。

【0096】本実施形態に係る露光装置30においては、ブロック内圧センサ35では、各密閉ブロック32a～32dの内部圧力が、調整段階で不活性ガスを封入してガス置換率をモニタリングしていた場合の所定圧力以上に、ドライエアのパージ圧力が保たれているかを検出する。また、共通流路配管系44の圧力センサ42では、調整段階で不活性ガスを共通流路配管系44内に流通させていた場合の所定圧力以上に、ドライエアのパージ圧力が保たれているかを検出する。これらの所定圧力が低下する場合には、各密閉ブロック32a～32dの内部のドライエアによるガス置換率が、不活性ガスを用いてモニタリングしていた目標ガス置換率E₀よりも低下している可能性が高いと判断できるからである。なお、各密閉ブロック32a～32dにおける所定圧力とは、特に限定されないが、大気圧力よりも僅かに高い程度であり、好ましくは大気圧力に対して、1～10%程度高い圧力である。

【0097】また、本実施形態に係る露光装置30において、酸素センサ33として、ガルバニ電池式の酸素濃度計を用い、露光装置の実稼働時にも、各密閉ブロック32a～32dの内部の酸素濃度をモニタリングすることで、各密閉ブロック32a～32dの内部の圧力低下を検出することもできる。これは、ガルバニ電池式の酸素濃度計には、正比例関係の圧力依存性があるためである。すなわち、何らかの原因で、いずれかの密閉ブロック32a～32dに多量のリークが生じた場合、該当する密閉ブロックの内部の圧力が低下する。圧力低下の前後での酸素濃度%が21%程度に同じだとしても、酸素の絶対量が少なくなり、酸素濃度計により検出する値が下がるからである。このようにして、酸素センサ33に圧力依存性がある場合には、酸素センサ33により圧力低下を検出することができる。

【0098】第2実施形態

本実施形態では、図2に示すように、減圧手段としての真空ポンプ37を、各密閉ブロック32a～32dに接続する。真空ポンプ37は、各密閉ブロック32a～32d毎に装着しても良いが、単一の真空ポンプ37を各密閉ブロック32a～32dに接続する方が経済的である。なお、真空ポンプ37と各密閉ブロック32a～32dとの間の配管系には、電磁弁などのバルブが装着してある。その他の構成は、前記第1実施形態の露光装置と同じであり、前記実施形態の装置と同様な作用効果を奏する。

【0099】本実施形態に係る露光装置では、各密閉ブロック32a～32dの内部に、不活性ガスを封入する前と、ドライエアを封入する前に、それぞれ真空ポンプ37を駆動して、各ブロック32a～32dの内部を真

空引きして、内部を減圧状態下にする。その後、不活性ガスまたはドライエアを封入することで、図3に示す目標ガス置換率E₀に到達するまでの置換所要時間T₀を短くすることができ、スループットの向上に寄与する。

【0100】第3実施形態

本実施形態では、照明光学系のみでなく、図1に示す投影光学系13をも密閉ブロック32eで覆い、前記第1実施形態と同様にして、この投影光学系13を密閉する密閉ブロック32eの内部に不活性ガスを封入してガス置換率をモニタリングすると共に、実稼働時には、ドライエアを供給する。その他の構成は、前記第1実施形態の露光装置と同様であり、前記実施形態の装置と同様な作用効果を奏する。

【0101】レンズなどの光学素子は、照明光学系のみでなく、投影光学系13にも多数配置してあることから、このように投影光学系13をも密閉ブロック32eで覆うことで、投影光学系13内部に配置してあるレンズなどの光学素子を有効に保護することができる。また、KrFエキシマレーザ光などのDUV光が投影光学系13を通過しても、光学素子の曇り物質を発生させることがない。

【0102】なお、第3実施形態では複数の光学素子を有する投影光学系13を単一の密閉ブロック32eに収納するものとしたが、その複数の光学素子をいくつかの群に分けてそれぞれ複数の密閉ブロックに収納するようにしてもよい。このとき、所定個数の光学素子をそれぞれ一体に保持する複数の分割鏡筒の各々を密閉ブロックに収納するようにしてもよい。

【0103】以上の第1～第3実施形態では、光源1とウエハ14との間で露光用照明光の光路上に配置される複数の光学要素を複数の密閉ブロックにそれぞれ収納するものとしたが、その光路外に配置されるセンサなどを含む光学要素、例えば集光レンズ24やインテグレートセンサ25（図4）、あるいはウエハ14で反射されて投影光学系13などを通過し、さらにビームスプリッタ7で反射される露光用照明光を受光する光電検出器（反射率モニタ）なども密閉ブロックに収納するようにしてもよい。また、光源1から射出される露光用照明光の一部を分岐して、レチクルアライメント系などを始めとする光学センサに導く送光系の少なくとも一部を、前述の実施形態と同様に少なくとも1つの密閉ブロックに収納するようにしてもよい。ただし、その送光系が光ファイバーを含むときは、その光ファイバー以外の光学要素をその密閉ブロックに収納するように構成すればよい。要は、照明光学系、投影光学系、及びアライメント系などを始めとする、露光用照明光、またはその波長とほぼ同一の照明光が通過する全ての光学系に対して本発明を適用することができる。

【0104】また、第1～第3実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の縮小投影型走査露光装置（スキ

ヤニング・ステッパー) についての説明したが、例えばレチクル 11 とウエハ 14 とを静止させた状態でレチクルパターンの全面に露光用照明光を照射して、そのレチクルパターンが転写されるべきウエハ 14 上の 1 つの区画領域 (ショット領域) を一括露光するステップ・アップ・リピート方式の縮小投影型露光装置 (ステッパー)、さらにはミラープロジェクション方式やプロキシミティ方式などの露光装置にも同様に本発明を適用することができる。なお、図 1 に示した投影光学系 13 はその全ての光学素子が屈折素子 (レンズ) であるものとしたが、反射素子 (ミラーなど) のみからなる光学系であってもよいし、あるいは屈折素子と反射素子 (凹面鏡、ミラーなど) とからなるカタディオプトリック光学系であってもよい。また、投影光学系 13 は縮小光学系に限られるものではなく、等倍光学系や拡大光学系であってもよい。

【0105】なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々に改変することができる。

【0106】たとえば、照明光学系および/または投影光学系を分割して密閉する密閉ブロックの個数は、上述した実施形態に限定されず、種々に改変することができる。特に照明光学系における密閉ブロックの個数を増やすことで、照明光学系のメンテナンスが容易になり、密閉ブロック内へのガスの封入を効率的に行うことができる。

【0107】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明によれば、特に遠紫外光の光を用いて露光を行う露光装置において、大幅な設計変更を加えることなく、光学素子に対する曇り物質の付着を防止でき、しかも運転時には窒息性ガスを用いず、運転コストが安価で安全な露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は本発明の 1 実施形態に係る露光装置の概略構成図である。

【図 2】 図 2 は図 1 に示す密閉ブロックへ第 1 のガスおよび第 2 のガスを供給するための配管系の概略構成図である。

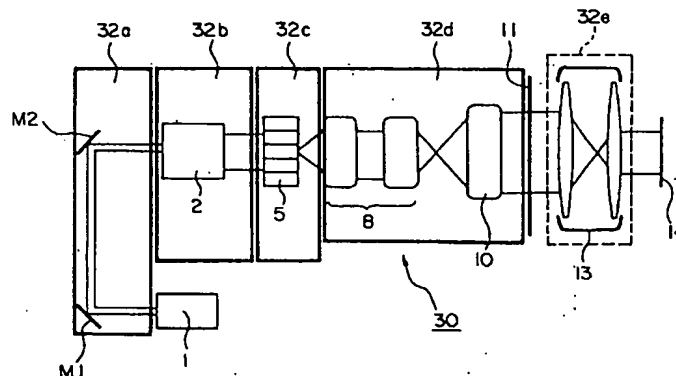
【図 3】 図 3 は密閉ブロック内に第 1 のガスを供給する場合のガス置換率の時間経過を示すグラフである。

【図 4】 図 4 は図 1 に示す露光装置本体のより詳細な概略図である。

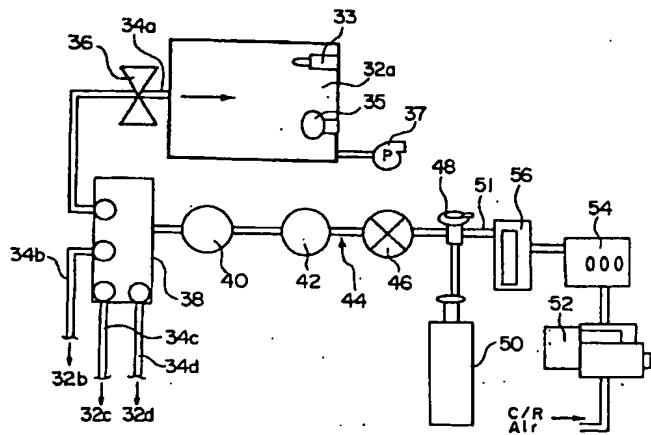
【符号の説明】

- 1… 露光用光源
- 2… ビーム整形・変調光学系
- 5… フライアイレンズ
- 8… リレーレンズ
- 10… コンデンサレンズ
- 11… レチクル (マスク)
- 13… 投影光学系
- 14… ウエハ (感光性基板)
- 30… 露光装置
- 32a~32e… 密閉ブロック
- 33… 酸素センサ
- 34a~34d… 個別流路配管系
- 35… ブロック内圧力センサ
- 37… 真空ポンプ (減圧手段)
- 38… 流量分岐ユニット (ガス分配手段)
- 40… 流量計
- 42… 圧力センサ
- 44… 共通流路配管系
- 46… 減圧弁
- 48… ガス切換ユニット (ガス切換手段)
- 50… 不活性ガス供給系 (第 1 ガス供給手段)
- 51… ドライエア供給系 (第 2 ガス供給手段)

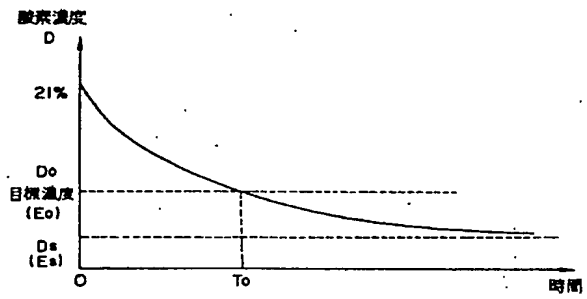
【図 1】



【图2】



【图3】



【图4】

